

2010 年 12 月、東京大学とドイツのマックスプランク固体物理研究所の共同研究グループは、曲率半径 0.3mm まで丸めても 3V 程度の低電圧駆動で安定動作する、薄膜トランジスタ (TFT) を用いたシート状の集積回路を作成したと発表した。従来、TFT の折り曲げ可能な曲率半径は 0.5mm 程度にまで至っていたが、駆動電圧が高い、折り曲げ時に特性劣化が発生するなど、解決すべき課題が残されており、そのため、小さく折り曲げ可能で安定動作する集積回路は実現していなかった。研究グループは極薄の絶縁膜により低電圧駆動を可能とし、TFT を保護する封止膜の素材と厚さを適切に選択することで折り曲げ耐性を高めて、これらの課題を解決した。研究グループはシート状の集積回路を作成して安定動作を確認するとともに、カテーテルに巻き付けた実施例を作成して医療分野への応用の可能性も示した。

トピックス 2 小さく折り曲げても安定動作する集積回路

トランジスタおよびその集積回路において、折り曲げに対する柔軟性を持たせることで新たな応用が拓ける。2010 年 12 月、東京大学とドイツのマックスプランク固体物理研究所の共同研究グループは、曲率半径 0.3mm まで丸めても 3V 程度の低電圧駆動で安定動作する、薄膜トランジスタ (thin film transistor; TFT) を用いたシート状集積回路を作成したと発表した¹⁾。

近年の研究により、TFT 自体の折り曲げ可能な曲率半径は 0.5mm 程度にまで至っていたが、駆動電圧が高い、折り曲げ時に特性劣化するなど、解決すべき課題が残されていた。そのため、TFT により構成される集積回路については、小さく折り曲げ可能で安定動作するものが実現していなかった。

研究グループは、小さく折り曲げ可能な基板材料として有機素材ポリイミドの厚さ 12.5 μ m のプラスチックフィルムを採用し、凹凸のあるフィルム表面をコーティング処理により平滑化した。その基板面にアルミニウムのゲート電極を作製し、表面を酸化処理後、自己組織化単分子膜 (self-assembled monolayer; SAM) の成膜技術により絶縁膜を積層した。SAM は 1 分子長 (2nm 程度) の厚みでありながら、均一で欠陥が無く極めて高い絶

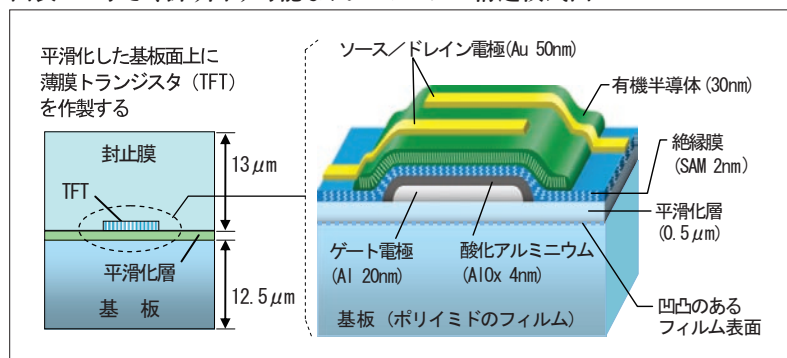
縁性を示す。酸化アルミニウムの層を含めて厚さ約 6nm の極薄のゲート絶縁膜が実現し、このことにより低電圧駆動が可能となった。その上に有機半導体とソース、ドレインの電極を積層して TFT を作製した (図表 1)。

基板上的 TFT は、折り曲げ時に、TFT 自体が曲がることによる歪みによる力の他に、TFT を保護する封止膜と基板から接触面で伸長力と圧縮力を受ける。伸長力と圧縮力ができるだけ等しくなるように封止膜の素材と厚さを適切に選択して TFT が受ける伸縮力を小さくする構造とし、曲率半径 0.1mm の曲げに 3V 程度の低電圧駆動で安定動作する TFT を実現した。

この TFT は、有機半導体にペンタセンを用いた p 型 TFT であったが、フッ化銅フタロシアニン (F₁₆CuPc) を用いた n 型 TFT と組み合わせる相補型回路とし、それらを連結して発振回路を構成し、実用レベルの特性が得られることを確認した。この TFT を用いて、曲率半径 0.3mm まで丸めても平坦な場合と同様に安定動作するシート状の集積回路を作成した (図表 2)。

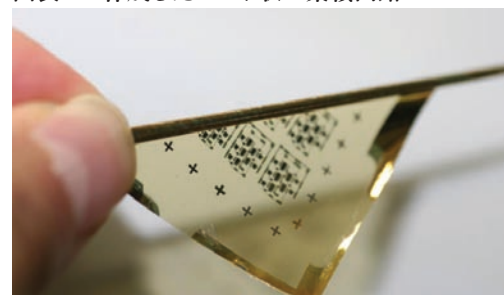
研究グループは、集積回路を直径 2mm のカテーテルに巻き付け、血管内圧分布を測定する器具の実施例を作成し、医療分野への応用の可能性も示した。

図表 1 小さく折り曲げ可能なトランジスタの構造模式図



染谷氏・関谷氏提供の図と参考文献¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表 2 作成したシート状の集積回路



東京大学 染谷氏・関谷氏の提供による

参 考 1) T. Sekitani, et al., "Flexible organic transistors and circuits with extreme bending stability," nature materials Vol. 9, pp. 1015-1022 (2010) December 2010